Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 55- 67

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۶۷-۵۵

مقاله علمی- پژوهشی

بررسی اثر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی بر pH، بافت و رنگ ماست همزده کم‌چرب

مسعود نجف نجفی[*1]- حمیدرضا شاطری[2]- مرتضی کاشانی‌نژاد [3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک (صفر تا ۰/۲ درصد)، صمغ دانه مرو (صفر تا ۰/۲ درصد) به‌عنوان متغیرهای آزمایشی طرح مخلوط و میزان چربی (صفر تا ۳ درصد) و سرعت همگن‌سازی (صفر تا ۲۴۰۰۰ دور در دقیقه) به عنوان متغیرهای آزمایشی طرح فرآیندی بر pH، بافت و رنگ ماست کم‌چرب با استفاده از طرح اپتیمال متقاطع مخلوط- فرایند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی pH نشان داد که فقط اثر چربی برpH نمونه‌ها معنی‌دار بود به‌طوری که با افزایش میزان چربی، pH نمونه‌ها نیز افزایش یافت. آزمون اکسترژن برگشتی- آنالیز پروفیل بافت نشان داد که با افزایش میزان چربی و سرعت همگن‌سازی، سختی، نیروی چسبندگی، پیوستگی و حالت صمغی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین اگرچه در سرعت‌های همگن‌سازی پایین دو صمغ کنجاک و دانه مرو بر سختی، نیروی چسبندگی، پیوستگی و حالت صمغی نمونه‌ها اثر سینرژیستی داشتند اما نتایج، نشان‌دهنده عملکرد بیشتر صمغ دانه مرو نسبت به صمغ کنجاک بر روی این خصوصیات در سرعت همگن‌سازی بالا بود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری رنگ نشان داد که تنها اثر خطی صمغ دانه مرو و اثرات متقابل صمغ کنجاک- صمغ دانه مرو، صمغ کنجاک- سرعت هموژن بر روی L^* نمونه‌ها معنی‌دار بود و با افزایش میزان صمغ کنجاک و کاهش صمغ دانه مرو، L^* نمونه‌ها کاهش ولی با افزایش سرعت هموژن L^* افزایش یافت. به‌منظور بهینه‌سازی صفات در این تحقیق، چربی و نیروی چسبندگی حداقل وسختی و پیوستگی حداکثر در نظر گرفته شدند که با توجه به صفات مذکور، میزان صمغ کنجاک ۰/۱۴۶ درصد، میزان صمغ دانه مرو ۰/۰۵۳ درصد، چربی ۲/۴۲ درصد و سرعت همگن‌سازی ۱۲۳۰۰ دور در دقیقه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی، آزمون اکستروژن برگشتی، آنالیزپروفیل بافت، ماست هم‌زده کم‌چرب

مقدمه

ماست یک فرآورده لبنی تخمیری با خصوصیات بافتی و رئولوژیکی مشخصی است که این خصوصیات برای پذیرش مصرف‌کننده اهمیت زیادی دارد. بافت ماست تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از جمله کیفیت و ترکیبات شیر، چربی، مواد جامد کل، فرآیند حرارتی شیر، ترکیب باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک استفاده شده، میزان اسید تولید شده و زمان ماندگاری شیر است (Purwandari *et al*., 2007). از طرفی در طی دهه گذشته مصرف محصولات غذایی بدون چربی و کم‌چرب گسترش زیادی پیدا کرده است، به این دلیل که بین مصرف چربی و بیماری‌های زیادی از جمله چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی مانند تصلب شرائین و سرطان ارتباط مستقیم وجود دارد. بنابراین مطالعات زیادی درجهت تولید محصولات رژیمی کم‌چرب به‌ویژه ماست کم‌چرب انجام گرفته است. با این وجود، محصولات تولید شده تا حدودی فاقد بافت و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی مناسب در مقایسه با نمونه‌های ماست با چربی کامل هستند. از این‌رو، روش‌های مختلفی به‌منظور جایگزینی چربی در فراورده‌های لبنی از قبیل هموژنیزاسیون شیر (Merrill*et al*., 1994)، تغییر روش‌های تولید[4](Perry*et al*., 1997) و افزودن جایگزین‌های تقلیدکننده چربی[5] نظیر هیدروکلوئیدها (Rudan*et al*., 1998) توسعه یافته است. هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که ایجاد

۱- دانشیار گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،مشهد، ایران.
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، تولید فرآورده‌های نوین لبنی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران.
۳- دانشجوی دکتری، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: mnajafi.mhd@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i1.82102

4 Changing production methods
5 Fat emulator

قوام و بافت می‌کنند، باعثا فزایش پایداری می‌شوند، به‌عنوان یک امولسیفایر عمل می‌کنند، تشکیل ژل می‌دهند و احساس دهانی را بهبود می‌بخشند. در حقیقت هیدروکلوئیدها مقدار کم چربی را به‌وسیله توانایی‌شان در جذب و پیوند کردن آب و داشتن ویژگی‌های بافت-دهندگی جبران می‌کنند (Guven*et al*., 2005). دراین میان، صمغ کنجاک پلی‌ساکاریدی خنثی است که از گیاهی پایا و چندساله متعلق به خانواده (*Araceae*) و گونه (*Amorphophalus konjac*) مشتق شده و به‌خوبی در کشورهای شرق آسیا شناخته شده است (Chua *et al*., 2012). این صمغ عملکردی دوگانه دارد، از یک سو به‌دلیل غیر قابل هضم بودن یک فیبر غذایی محسوب می‌شود و به‌خاطر نقش مهم آن در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفته نادر، بسیار مورد توجه است و از سوی دیگر به‌خاطر توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل دهنده ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی بسیار مورد توجه است (Zhang*et al*., 2015). مرو نیز یکی از دانه‌های بومی ایران است که صمغ حاصل از آن می‌تواند به‌عنوان یک هیدروکلوئید غذایی جدید معرفی شود زیرا دارای خصوصیات عملکردی فوق العاده‌ای همچون پایدارکنندگی، تغلیظ‌کنندگی و عامل تشکیل‌دهنده ژل می‌باشد (Razavi*et al*., 2013). همچنین استفاده ترکیبی از هیدروکلوئیدها به‌علت خواص سینرژیستی آنها در صنایع غذایی نیز بسیار رایج است (Kayacier and Dogan, 2006) زیرا استفاده از ترکیبی از صمغ‌ها می‌تواند باعث بهبود کیفیت محصول شود و از طرفی با کمتر کردن غلظت یک صمغ در فرمولاسیون از نظر اقتصادی نیز به صرفه‌تر خواهد بود (Walkenström *et al*., 2003). بر همین اساس مطالعات متعددی به‌منظور بررسی تأثیر سینرژیستی صمغ‌های مختلف در سیستم‌های غذایی مدل انجام شده است (Demirkesen*et al*., 2010; Dolz *et al*., 2007; Mandala *et al*., 2008).

از جمله روش‌های پیشنهادی برای اصلاح ویژگی‌های ماست کم‌چرب، بهره‌گیری از تکنیک همگن‌سازی است. این تکنیک سبب کاهش قابل توجه اندازه گلبول‌های چربی شده و تغییراتی را در غشاء آن ایجاد می‌کند. در محصولات پرچرب، گلبول‌های چربی با شبکه پروتئینی پیوند برقرار کرده و به‌عنوان عوامل اتصال پروتئین‌ها ایفای نقش می‌کنند (Sandoval-Castilla *et al*., 2003)، از این‌رو با همگن‌سازی مناسب می‌توان اثرات نامطلوب فیزیکی‌شیمیایی و بافتی ناشی از کاهش چربی ماست را بهبود بخشید (Aguirre-Mandujano *et al*., 2009). شرایط مختلف همگن‌سازی نظیر فشار (سرعت چرخش) منجر به تغییرات ویژگی‌های ماست از جمله قوام، احساس دهانی، رنگ، طعم و ویژگی‌های رئولوژیکی آن می‌شود. لذا انتخاب فشار مناسب (سرعت چرخش مناسب) برای تولید یک محصول با کیفیت به‌ویژه محصولی که در آن از جایگزین چربی نیز استفاده شده است بسیار حائز اهمیت می‌باشد. سخاوتی‌زاده و صادق زاده‌فر (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر صمغ گوار به‌عنوان جایگزین چربی بر برخی خصوصیات شیمیایی و حسی ماست کم چرب نشان دادند که افزایش میزان گوار به میزان ۰/۵ درصد باعث کاهش مقبولیت ماست از لحاظ رنگ، طعم و نظر کلی ارزیاب‌ها گردید. رامونتا و همکاران (۱۳۹۳) اثر فشار و مراحل هموژنیزاسیون بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست کم‌چرب پروبیوتیک را مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که با افزایش فشار و تعداد مراحل هموژنیزاسیون در طول دوره نگهداری، pH، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء و ویسکوزیته کاهش ولی آب‌اندازی و اسیدیته افزایش یافت. ید ملت (۱۳۹۵) تأثیر استفاده از برخی صمغ‌های بومی بر خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست همزده را مورد بررسی قرار داد و نشان داد که صمغ فارسی در غلظت ۰/۱۵ درصد توانست در بهبود ویژگی‌های ماست همزده کم‌چرب موثر باشد. آریان‌فر و اسعدی یاساقی (۱۳۹۷) نیز اثر صمغ قدومه شیرازی بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست کم‌چرب مورد ارزیابی قرار دادند و بیان کردند که با افزایش میزان صمغ قدومه شیرازی، میزان آب‌اندازی نمونه‌ها کاهش یافت اما ویژگی‌های حسی به جز در غلظت‌های بالا چندان تحت تاثیر قرار نگرفت.

بنابراین با بررسی دقیق منابع می‌توان دریافت که در اغلب مطالعات انتشار یافته در مورد ماست کم‌چرب اثر جایگزین‌های چربی و یا تغییرات فرآیندی از جمله فرآیند همگن‌سازی به‌صورت مجزا از هم بر روی خصوصیات آن مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که تغییرات فرآیند به‌ویژه تغییرات فشار همگن‌سازی علاوه بر اثر بر روی ماست بر جایگزین‌های چربی مانند هیدروکلوئیدها نیز مؤثر می‌باشند و می‌توانند خصوصیات عملکردی انها را تحت تأثیر قرار دهند لذا به‌منظور درک صحیح از شرایط تولید صنعتی در تحقیقات لازم است این تغییرات به‌صورت همزمان بررسی گردند. از این رو، در این تحقیق با توجه به اهمیت تولید ماست کم‌چرب با ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و بافتی مناسب اثر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی بر pH، بافت و رنگ ماست کم چرب با استفاده از طرح اپتیمال متقاطع مخلوط- فرایند مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

روش تهیه ماست

برای تهیه ماست کم چرب (به روش اصلاح شده ادیبیگ و همکاران (۲۰۱۰))، شیر پس‌چرخ با ۰/۰۵ در صد چربی به‌صورت پاستوریزه از شرکت شیر پاستوریزه پگاه خراسان تهیه گردید. طبق فرمول به میزان ۱/۵ درصد شیرخشک بدون چربی، ۱/۲ درصد

کنسانتره پروتئین شیر (MPC[1]) (تهیه شده از شرکت پگاه خراسان) (رطوبت ۴/۱ درصد، چربی ۰/۵ درصد، پروتئین ۶۹/۵ درصد، لاکتوز ۱۷ درصد، خاکستر ۸/۵ درصد) و ۳۵ /۰ درصدنمک خوراکی به آن افزوده شد. مخلوط حاصل با استفاده از دستگاه ترمومیکس[2] در دمای ۶-۴ درجه سانتی گراد تا زمان حل شدن کامل پودرها به‌آرامی هم‌زده شد. میزان چربی مخلوط با استفاده از خامه ۴۰ درصد چربی و با توجه به جدول یک به روش مربع پیرسون محاسبه و اضافه گردید. میزان صمغ دانه مرو و کنجاک نیز مطابق جدول یک محاسبه و اضافه شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از هموژنایزر (IKA، ساخت آلمان) و مطابق جدول یک همگن گردیدند. نمونه‌ها به‌منظور آبگیری کامل به مدت یک شب در دمای ۶-۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار گرفتند. روز بعد، ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه ترمومیکس حرارت داده شدند. سپس تا دمای تلقیح (۴۵ درجه سانتی‌گراد) خنک شدند. استارتر ماست (Optiferm Type:Joferm DD) مطابق دستورالعمل شرکت سازنده (حل شدن یک واحد استارتر در ۱۰۰۰ سی‌سی شیر پس چرخ و استفاده از ۱۰ سی سی از آن برای یک لیتر نمونه) اضافه گردید و نمونه‌ها پس از رسیدن به pH=4.6 در گرمخانه تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرد و به مدت ۳۰ ثانیه هم‌زده شدند و در لیوان‌های ۱۰۰ گرمی پلی اتیلنی بسته‌بندی و به مدت ۲۴ ساعت در دمای۴ درجه سانتی‌گراد قبل از انجام آزمایشات نگهداری گردیدند.

اندازه‌گیری pH

pH نمونه‌ها توسط دستگاه pHمتر (Metrohm، ۶۹۱، سوئیس) مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ اندازه گیری شدند.

آزمون اکستروژن برگشتی- آنالیز پروفیل بافت

برای انجام آزمون اکستروژن برگشتی–آنالیز پروفیل بافت از دستگاه TextureAnalyzer (Stable Micro Systems, London,UK) استفاده شد (Bourne, 2013). جهت انجام این آزمون از سیلندر با قطر ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر و پروب با قطر ۴۵ میلی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر استفاده گردید و سرعت حرکت پروب ۱ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. نمونه‌های ماست در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، تا ۶۰٪ ارتفاع اولیه (ارتفاع ۴۰ میلی‌متر سیلندر) طی دو سیکل توسط دستگاه اکسترود شدند. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از سختی (ارتفاع پیک اصلی در منحنی اول در مرحله و با واحد نیوتن)، پیوستگی[3] (سطح زیر منحنی دوم در مرحله رفت به سطح زیر منحنی اول در مرحله رفت)، حالت فنری[4] (فاصلهٔ بین شروع منحنی دوم تا رسیدن این منحنی به پیک)، حالت صمغی[5] (مقدار آن از حاصل ضرب مقادیر سختی در پیوستگی) و نیروی چسبندگی[6] (بیشترین مقدار نیرو در قسمت منفی).

استخراج خصوصیات تصویر نمونه ها

جهت عکس‌برداری از نمونه‌ها، ۵۰ گرم از هر نمونه درون پیپت آزمایشگاهی ریخته شد. تجهیزات عکس‌برداری شامل یک اتاقک تاریک (جهت جلوگیری از ایجاد نوسان در عکس‌برداری و عدم بازتاب نور) و شش لامپ فلورسنت بود. عکس‌برداری با استفاده از دوربین دیجیتال (Canon Power shot 1000D) متصل به رایانه صورت گرفت. دوربین در فاصله ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن روی پایه ثابت قرار گرفت. تصاویر تهیه شده برای آنالیز در فرمت JPG ذخیره‌سازی شدند و سپس آنالیز تصاویر با استفاده از نرم افزار Image J (National Institute of Health, USA) صورت پذیرفت. از مدل رنگی CIE L*a*b*L* (سیاه صفر تا سفید ۱۰۰)، a* (قرمز ۶۰ تا سبز ۶۰-) و b* (زرد ۶۰ تا آبی ۶۰-) نیز برای تعیین پارامترهای رنگ نمونه‌ها استفاده شد که میانگین مقادیرL* و a* و b* برای۲۰ نمونه در دو تکرار اندازه‌گیری گردید.

طرح آزمایشی متقاطع مخلوط- فرآیند

در این پژوهش اجزای طرح مخلوط شامل صمغ‌های دانه مرو و کنجاک به‌میزان صفر تا ۰/۲ درصد تعریف شد، به طوری‌که این اجزاء ۰/۲ درصد وزن فرمول کلی را تشکیل دادند و فاکتورهای فرآیند شامل چربی به میزان صفر تا ۳ درصد و سرعت هموژن صفر تا ۲۴۰۰۰ دور در دقیقه بودند به صورتی‌که تعداد کل تیمارهای نهایی حاصل از طرح متقاطع مخلوط- فرآیند۲۰ تیمار شد (جدول ۱). نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری (Design-Expert version 10) به روش سطح پاسخ (اپتیمال متقاطع مخلوط- فرایند) آنالیز شدند و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چند جمله‌ای زیر به صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه شدند: (Dal Belloa, and Vieirab, 2011)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3}\beta_i x_i + \sum_{i=1}^{3}\beta_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=i+1}^{3} \beta_{ij} x_i x_j \qquad (۱)$$

که در آن Y عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ X_2، X_1 وX_3 و X_4 سطوح کدبندی شده متغیرهای مستقل، A ,B، C و D به‌ترتیب صمغ دانه مرو، صمغ کنجاک، چربی و سرعت هموژن و A_2، B_2، و C_2

1 Milk Protein Concentrate
2 Thermomix
3 Cohesiveness
4 Springiness
5 Gumminess
6 Adhesiveness

اثرات درجه دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

جدول ۱- سطوح واقعی متغیرهای فرآیند و اجزای مخلوط در طرح متقاطع مخلوط- فرآیند

تیمار	صمغ دانه مرو (٪)	صمغ کنجاک (٪)	چربی (٪)	سرعت همگن‌ساز (rpm)
۱	۰	۰/۲	۳	۲۴۰۰۰
۲	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰
۳	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۲۴۰۰۰
٤	۰/۲	۰	۰/۵	۰
۵	۰	۰/۲	۰/۵	۰
٦	۰/۱	۰/۱	۳	۰
۷	۰/۱	۰/۱	۳	۰
۸	۰/۲	۰	۰/۵	۲۴۰۰۰
۹	۰/۲	۰	۲/۳	۱۲۰۰۰
۱۰	۰/۲	۰	۳	۰
۱۱	۰/۱	۰/۱	۳	۲۴۰۰۰
۱۲	۰/۱۵	۰/۰۵	۱	۱۲۰۰۰
۱۳	۰/۱	۰/۱	۳	۲۴۰۰۰
۱٤	۰	۰/۲	۰/۵	۲۴۰۰۰
۱۵	۰	۰/۲	۲	۱۲۰۰۰
۱٦	۰/۲	۰	۳	۲۴۰۰۰
۱۷	۰/۲	۰	۰/۵	۰
۱۸	۰	۰/۲	۳	۰
۱۹	۰	۰/۲	۰/۵	۲۴۰۰۰
۲۰	۰/۲	۰	۰/۵	۲۴۰۰۰

نتایج و بحث

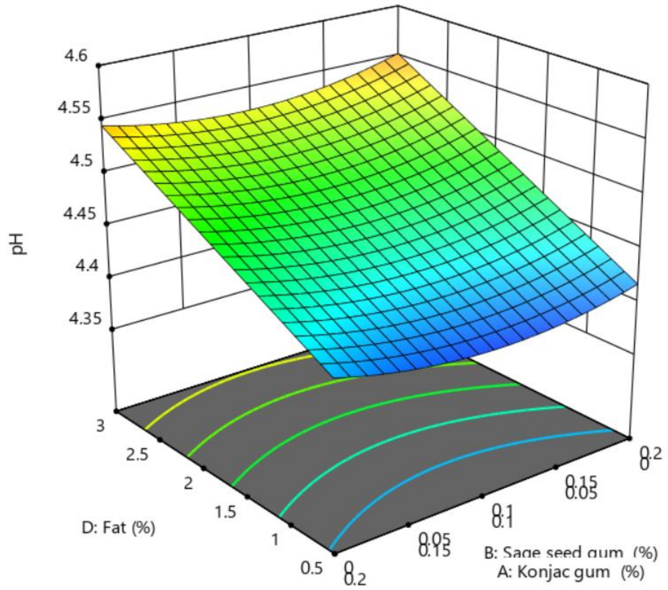
pH

نتایج تحقیق نشان داد کهpH نمونه‌های مورد آزمون بین ۴/۳۹ تا ۷/ ۴متغیربودند. والسترا و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که pH بهینه برای دستیابی به خواص مطلوب بافت ماست ۴/۶-۴/۱ است و به‌عنوان قاعده‌ای کلی از آنجا که pH بر کیفیت جاذبه‌ها و پیوندهای میان مولکول‌ها اثرگذار است خواص بافتی و رئولوژیک ژل ماست را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۲) نیز به‌دلیل ضریب تبیین بالای ۰/۸ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪ ، بهترین برازش را برداده‌های پاسخ pH داشت که در این مدل A، B ، C و D به‌ترتیب صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو ، سرعت همگن‌ساز و چربی هستند. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که فقط اثر چربی در سطح ۹۹ درصد بر روی pH نمونه‌ها معنی‌دار بود در حالی‌که صمغ کنجاک، صمغ دانه‌مرو و سرعت همگن‌سازی هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر روی آن نداشتند. شکل ۱ نیز تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و چربی را بر روی pH نمونه‌ها با توجه به معادله ۲ نشان می‌دهد.

$$y1 = 4/48A + 4/48B + 0/0003C + 0/00675D - 0/078AB - 0/016AC - 0/0086AC - 0/0066AD \quad (۲)$$

همان‌طور که در شکل۱ مشاهده می‌شود تغییر نسبت‌های صمغ کنجاک و صمغ دانه مرو هیچ‌گونه تأثیری بر pH نمونه‌ها نداشتند. گوچیزبرگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز در پژوهشی که بر روی افزودن اینولین به ماست کم‌چرب انجام دادند، دریافتند که افزودن اینولین تأثیر معنی‌داری بر pH نداشت. فیزمن و همکاران (۱۹۹۹)، پژوهشی در خصوص اثر افزودن ژلاتین بر ماست انجام دادند. نتایج حاکی از

ان بود که ژلاتین تأثیر معنی‌داری بر فعالیت باکتری‌ها و تغییر pH نداشت. بهنیا و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی تأثیر استفاده از صمغ دانه شاهی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست کم‌چرب به نتیجه مشابهی دست یافتند. همچنین مطابق شکل ۱، با افزایش میزان چربی،pH نمونه‌ها نیز به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. به احتمال زیاد افزایش چربی موجب کاهش فعالیت متابولیکی باکتری‌های آغازگر و در نتیجه افزایش pH نمونه‌ها شده است.در همین ارتباط، مهدیان و همکاران (۱۳۹۱)نشان دادند که افزایش درصد چربی منجر به کاهش تعداد باکتری‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* در ماست تغلیظ شده شد. عزیزنیا و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ماست‌های کم‌چرب حاوی پروتئین آب پنیر و صمغ تراگاکانت به‌عنوان جایگزین چربی دریافتند که افزایش چربی اثر بازدارنده‌ای بر فعالیت باکتری‌های اسیدلاکتیک داشت و در نتیجه منجر به افزایش pH ماست پرچرب نسبت به ماست کم‌چرب گردید.



شکل ۱- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و چربی بر روی pH

سختی

نتایج نشان داد که سختی نمونه‌های مورد آزمون بین۲/۷۱ تا ۳/۷۱ نیوتن متغیر بودند. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۳) نیز به‌دلیل ضریب تبیین ۰/۹۴ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را برداده‌های پاسخ سختی داشت که در این مدل A، B، C و D به‌ترتیب کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی هستند. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که اثرات متقابل صمغ کنجاک- صمغ دانه مرو، صمغ کنجاک— چربی و صمغ دانه مرو- سرعت همگن‌سازی در سطح ۹۵ درصد بر روی سختی نمونه‌ها معنی‌دار بود. شکل ۲ تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی را بر روی سختی نمونه‌ها در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۱/۷۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب مدل ۲ نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۲ در شرایطی که چربی نمونه‌ها در نقطه مرکزی (۱/۷۵ درصد) ثابت بود با افزایش میزان صمغ کنجاک و کاهش صمغ دانه مرو در شرایطی که سرعت همگن‌سازی نمونه‌ها بین صفر تا ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه بود سختی نمونه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین سختی در شرایطی حاصل گردید که از هر دو صمغ به میزان یکسان وجود داشت. این امر نشان‌دهنده اثر سینرژیستی بالای این دو صمغ در سرعت هموژن پایین بود. این درحالی‌است که با افزایش میزان صمغ کنجاک و کاهش صمغ دانه مرو در سرعت‌های همگن‌سازی‌های بالاتر، سختی نمونه‌ها کاهش نشان داد به‌طوری‌که بیشترین سختی در شرایطی که فقط صمغ دانه مرو در میزان حداکثر خود وجود داشت به‌دست آمد. این مطلب نشان‌دهنده عملکرد مؤثرتر صمغ دانه مرو نسبت به صمغ کنجاک بر روی سختی نمونه‌ها در سرعت همگن‌سازی بالا می‌باشد. سندوال و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند مولکول‌های کربوهیدرات به‌دلیل برخورداری از ظرفیت جذب آب بالا قادرند به‌شکل محکمی با مولکول‌های آب پیوند برقرار کرده و آنها را به‌دام اندازند، بنابراین موجب افزایش ویسکوزیته فاز آبی و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر نیروی به‌کار برده شده می‌شوند. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش سرعت همگن‌سازی و چربی منجر به افزایش سختی

نمونه‌ها گردید. در همین ارتباط، والسترا و همکاران (۱۹۹۹) متوجه شدند که در ماست‌قالبی ذرات چربی همگن‌شده به‌عنوان کانون‌هایی عمل می‌کنند که توسط میسل‌ها و ریزمیسل‌های‌کازئینی احاطه می‌شوند، در نتیجه موجب گسترش و تکمیل شبکه ژل ماست می‌گردند. پرنتیس (۱۹۹۲) نیز بیان کرد در صورتی‌که چربی‌شیر در ماست همگن‌نشده بالا باشد، بالابودن درصد چربی ممکن است باعث سست‌شدن شبکه ژل شود، زیرا گویچه‌های درشت چربی که قطر متوسطی بیش از میسل‌های‌کازئین دارند، از هم‌جوشی میسل‌ها جلوگیری‌کرده و موجب گسستگی در شبکه ژل می‌گردند.

نیروی چسبندگی

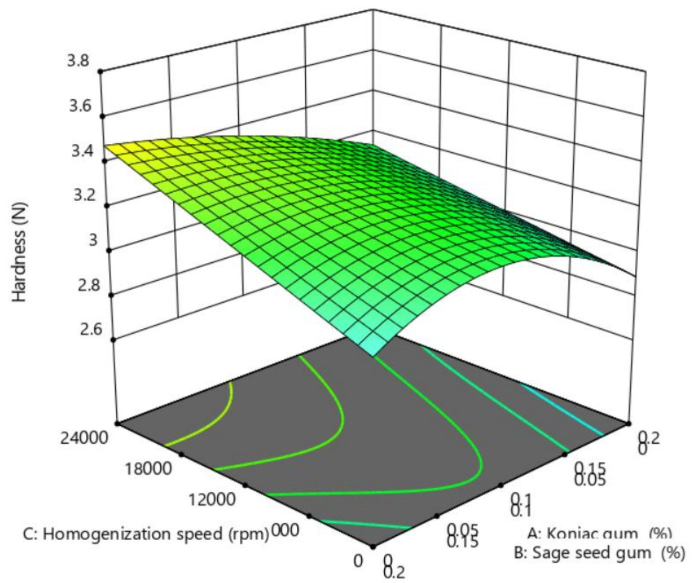
مقدار نیروی مورد نیاز جهت جداسازی مواد غذایی از کام در حین خوردن غذا، چسبندگی نام دارد (Park, 2007). نتایج نشان داد نیروی چسبندگی نمونه‌های مورد آزمون بین ۰/۳۲ تا ۱/۲۳ نیوتن متغیر بود. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۴) نیز به‌دلیل ضریب تبیین ۰/۷۰ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪ بهترین برازش را بر داده‌های پاسخ نیروی چسبندگی داشت که در این مدل A، B ، C و D به‌ترتیب صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی هستند. آنالیز داده‌ها مشخص کرد که تنها اثر خطی چربی در سطح ۹۹ درصد بر روی نیروی چسبندگی نمونه‌ها معنی‌دار بود. شکل ۳ تأثیر چربی و سرعت همگن‌سازی را بر روی نیروی چسبندگی نمونه‌ها در شرایطی که میزان صمغ‌های کنجاک و دانه مرو (۰/۱ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب مدل ۳ نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۳ مشخص شد که با افزایش چربی، نیروی چسبندگی نمونه‌ها نیز افزایش پیدا کرد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های ماست می‌توان گفت که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار ماست از سختی بیشتری برخوردار باشد، چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از سختی آن نیز مبین همین نکته است (Motamedzadegan *et al*., 1392).

$$y2 = 3/01A + 3/24B + 0/526AB + 0/124AC + 0/134AD + 0/134BD - 0/378ABC + 0/291ABD - 0/048ACD - 0/103BCD + 0/989ABCD \quad (۳)$$

$$y3 = 0/594A + 0/709B + 0/124C + 0/187D + 0/475AB - 0/058AC - 0/014AD \quad (۴)$$

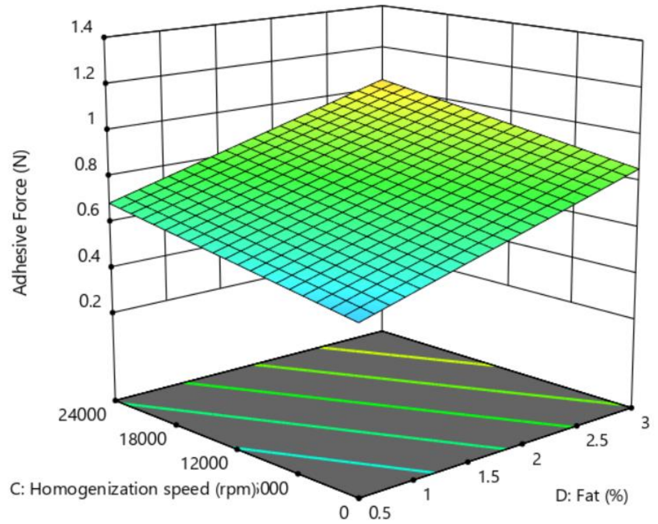
$$y4 = 0/261A + 0/0120AB - 0/014AC - 0/008AD - 0/012BC - 0/013BD + 0/083ABC \quad (۵)$$



شکل ۲- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر سختی نمونه‌ها (چربی۱/۷۵درصد)

تمیم و رابینسون (۱۹۹۹) بیان کردند که مقدار بالای‌چربی همگن‌شده، چسبندگی بافت ماست را افزایش می‌دهد. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز نشان دادند که افزایش صمغ کنجاک منجر به افزایش چسبندگی نمونه های خامه کم چرب گردید. کاشانی نژاد و

رضوی (۱۳۹۸) نیز بیان کردند که با افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه مرو چسبندگی خامه کم چرب شیر شتر افزایش یافت.

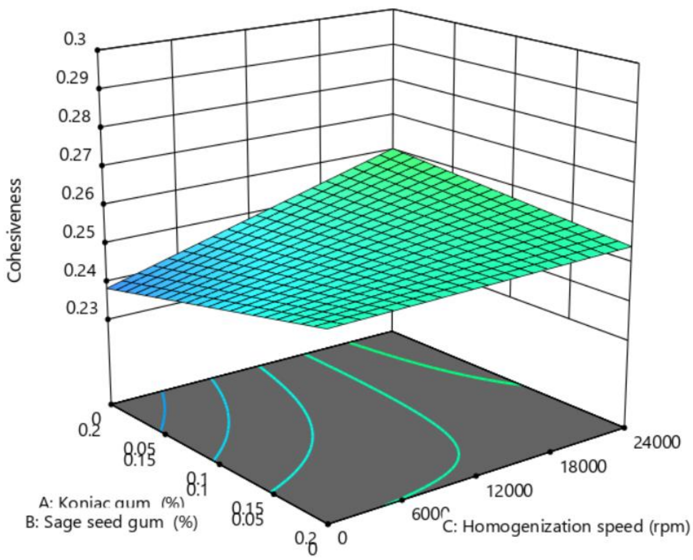


شکل ۳- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر روی نیروی چسبندگی نمونه‌ها (چربی۱/۷۵درصد)

پیوستگی

شکل ۴ تأثیر صمغ‌های کنجاک، دانه مرو و سرعت همگن‌سازی را بر روی پیوستگی نمونه‌ها در شرایطی که میزان چربی ۱/۷۵درصد ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب مدل ۴ نشان می‌دهد. به‌طور کلی شاخص پیوستگی تحت عنوان قدرت پیوندهای داخلی غذاها تعریف می‌شود و قدرت کششی و پیوستگی غذاها را نشان می‌دهد (Park, 2007). پیوستگی نمونه‌های مورد آزمون بین ۰/۲۳ تا ۰/۲۹ متغیر بود. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۵) نیز به‌دلیل ضریب تبیین ۰/۷۰ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪ ، بهترین برازش را بر داده‌های پاسخ پیوستگی داشت که در این مدل A، B ، C و D به ترتیب صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی هستند.

همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که اثرات خطی صمغ کنجاک و صمغ دانه مرو سرعت همگن‌سازی و چربی و اثرات متقابل صمغ کنجاک– سرعت همگن‌سازی، صمغ دانه– چربی و سرعت همگن‌سازی– چربی در سطح ۹۵درصد بر روی پیوستگی نمونه‌ها معنی‌دار بود..



شکل ٤- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر روی پیوستگی نمونه‌ها (چربی۱/۷۵درصد)

با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که با افزایش سرعت همگن‌سازی، پیوستگی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. در ماست قالبی، ذرات چربی همگن به‌صورت کاتیون‌هایی عمل می‌کنند که توسط میسل‌ها و ریزمیسل‌های کازئینی که به‌عنوان امولسیون‌کننده عمل می‌کنند جذب‌سطحی می‌شوند. این رویداد به گسترش و تکمیل شبکه ژل ماست‌کمک می‌کند و پیوستگی شبکه و سفتی ژل را افزایش می‌دهد. قرار گرفتن ذرات چربی نیز میان میسل‌ها و ریزمیسل‌های کازئینی با کمک به‌هم‌جوشی آنها موجب تشکیل رشته‌های کازئینی ضخیم می‌شود (Mortazavian *et al.*, 2006). ایستلن و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که کاهش چربی و متعاقب آن کاهش ماده خشک کل در ماست کم‌چرب یا بدون چربی باعث ایجاد بافت ضعیف، ساختار نامنسجم، خروج آب پنیر و از دست دادن آب می‌گردد.

حالت فنری

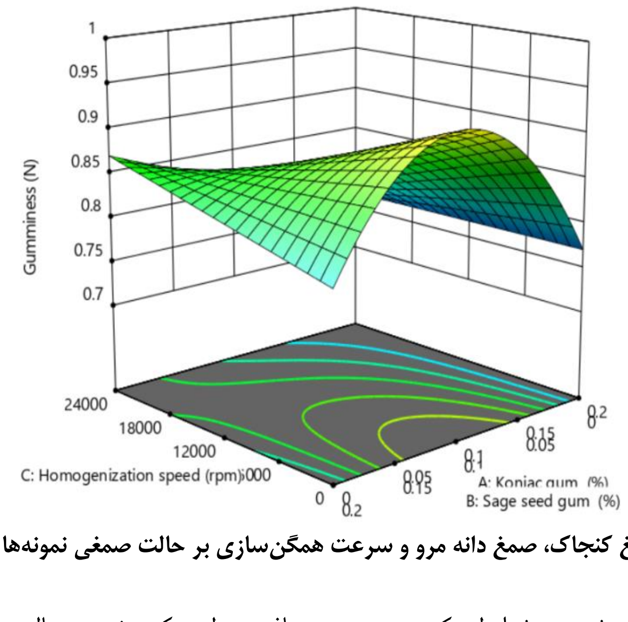
خاصیت فنری، طبق تعریف، سرعت بازگشت ماده غذایی تغییر شکل یافته به حالت اولیه خود، پس از حذف نیرو می‌باشد (Park, 2007). حالت فنری نمونه‌های مورد آزمون بین۵/۳۳ تا ۶/۱۸ میلی‌متر متغیر بود و نتایج بررسی‌ها نشان داد که هیچ‌کدام از اثرات خطی، درجه دوم و متقابل صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، سرعت همگن‌سازی و چربی بر روی حالت فنری نمونه‌ها معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$).

حالت صمغی

حالت صمغی تحت عنوان نیروی مورد نیاز برای از هم پاشیدن مواد غذایی نیمه جامد به حالت آماده برای بلع، تعریف می‌شود (Park, 2007). شکل ۵ تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی را بر حالت صمغی نمونه‌ها در شرایطی که چربی ۰/۵ درصد ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب مدل ۵ نشان می‌دهد. مطابق یافته‌های تحقیق، حالت صمغی نمونه‌های مورد آزمون به‌ترتیب بین ۰/۷۳تا۰/۹۸نیوتن متغیر بود. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۶) نیز به‌دلیل ضریب ۰/۹۲ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۵٪ ، بهترین برازش را بر داده‌های پاسخ حالت صمغی داشت. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که فقط اثرخطی صمغ کنجاک و صمغ دانه مرو در سطح ۹۵ درصد بر الت صمغی نمونه‌ها معنی‌دار بود.

$$y5 = 0/795A + 0/844B + 0/188AB - 0/006AC + 0/025AD + 0/035BC + 0/009BD + 0/073ABC - 0/089ABD - 0/006ACD + 0/372ABCD \quad (۶)$$

$$y6 = 65/80A + 86/16B - 2/67AB + 0/559AC + 0/087AD + 0/006BC + 0/025BD - 0/275ABC + 0/711ABD - 0/064ACD - 0/080BCD - 46/29AC^2 + 67/08AD^2 \quad (۷)$$



شکل ۵- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر حالت صمغی نمونه‌ها (چربی ۰/۵ درصد)

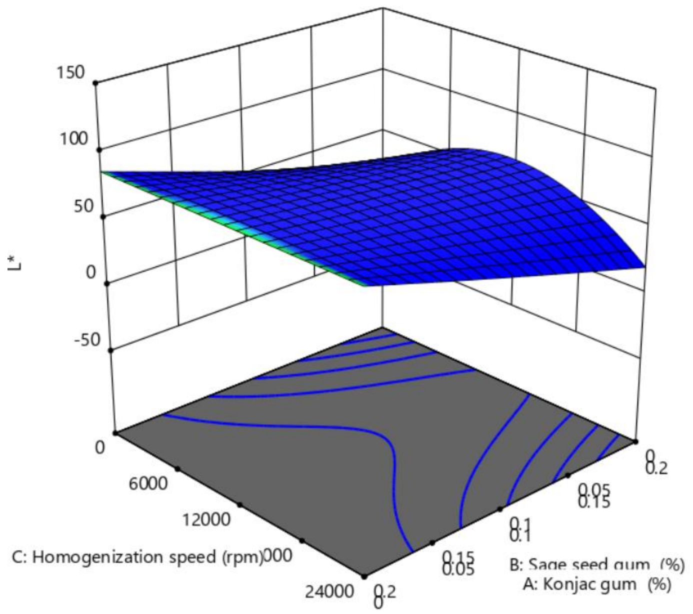
همان‌طور که در شکل۵ مشاهده می‌شود در شرایطی که چربی نمونه‌ها ۰/۵ درصد باشد با افزایش میزان صمغ کنجاک و کاهش صمغ دانه مرو حالت صمغی نمونه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین حالت صمغی در شرایطی حاصل گشت که میزان هر دو صمغ یکسان بود و این نشان‌دهنده اثر سینرژیستی بالای این دو صمغ بر حالت صمغی نمونه‌ها می‌باشد. در واقع تغییرات

حالت صمغی نمونه‌ها با تغییرات نسبت‌های صمغ‌های کنجاک و دانه مرو، مشابه روند تغییرات سختی نمونه‌ها بود، به صورتی‌که با افزایش اتصالات عرضی پروتئین‌ها و تقویت شبکه سه‌بعدی پروتئینی و افزایش سختی در اثر افزودن صمغ‌ها، حالت صمغی نیز افزایش پیدا کرد و در واقع نیروی لازم برای از هم پاشیدن بافت ماست زیاد شد. کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که افزایش صمغ کنجاک منجر به افزایش حالت صمغی نمونه های ماست تغلیظ شده گردید.

شاخص‌های رنگی (*L، *a و *b)

نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌های رنگی *L، *a و *b نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین ۸۵/۱۸ تا ۸۷/۱۷، ۱۰/۸۰- تا ۹/۳۰- و ۸/۶- تا ۶/۳- متغیر بودند. همچنین نتایج بررسی‌ها مشخص کرد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، تنها اثر خطی صمغ دانه مرو و اثرات متقابل صمغ کنجاک- صمغ دانه مرو، صمغ کنجاک- سرعت همگن‌سازی در سطح ۹۵ درصد بر روی شاخص*L نمونه‌ها معنی‌دار بود و تیمارهای پژوهش هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر شاخص‌های*a و*b نمونه‌ها نداشتند. مدل چندجمله‌ای درجه سه (رابطه ۷) نیز به‌دلیل ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۰ و معنی‌دار نبودن فاکتور عدم برازش در سطح اطمینان ۹۷٪، بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون شاخص*L داشت.

شکل ۶ تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر روی شاخص* L نمونه‌ها در شرایطی که چربی ۱/۷۵ درصد ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب مدل ۶ نشان می‌دهد.



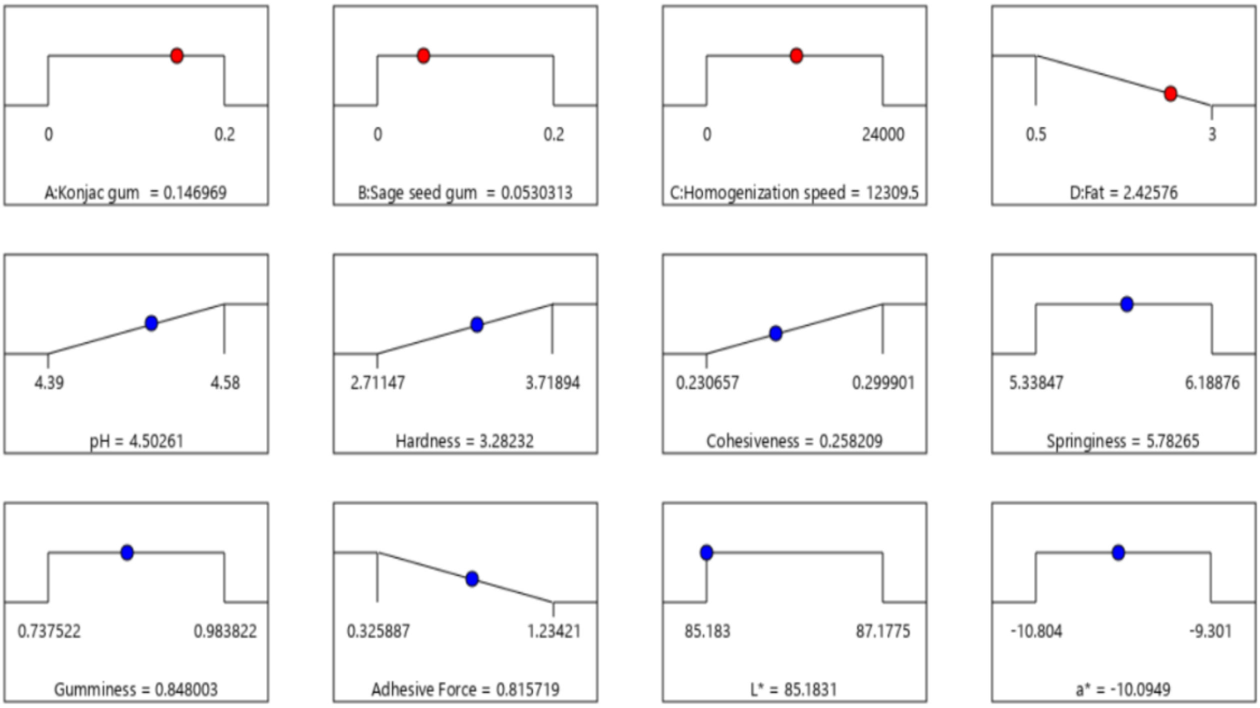
شکل٦- تأثیر صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو و سرعت همگن‌سازی بر حالت صمغی نمونه‌ها (چربی ۱/۷۵ درصد)

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش میزان صمغ کنجاک و کاهش صمغ دانه مرو، شاخص*L نمونه‌ها کاهش یافت. پراکندگی نور در هر سیستمی به ناهماهنگی مولکولی و یا حتی سطح اتم‌ها مربوط می‌باشد همچنین فعل و انفعالات جدید شبکه ژلی ماست در اثر افزودن صمغ می‌تواند منجر به ایجاد تجمع‌های بزرگ‌تر میسل‌های کازئینی و کاهش پراکندگی نور و در نتیجه کاهش روشنی گردد (Nouri *et al.*, 2011). همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش سرعت همگن‌سازی منجر به افزایش شاخص*L نمونه‌ها گردید. علت این امر این است که با خردشدن گویچه‌های چربی، سطح کلی چربی افزایش می‌یابد که نتیجه آن بازتاب بیشتر نور و سفیدتر شدن رنگ ماست است و در نتیجه جلوه آن بهبود می‌یابد (Tamime and Robinson, 1999).

بهینه‌سازی عددی

در این روش با استفاده از مدل‌هایی که برای هر پاسخ به‌دست آمد، مقادیر بهینه متغیرهای مستقل (X) توسط نرم‌افزار محاسبه شد. در این حالت در صورتی‌که اهمیت صفات با هم متفاوت باشد می‌توان به‌ترتیب اهمیت، به آنها ضریب وزنی و یا در بازه مورد نظر قرار داد. در این تحقیق، چربی و نیروی چسبندگی حداقل و سختی و پیوستگی حداکثر در نظر گرفته شدند. نقطهٔ بهینه فرآیند با توجه به صفات

مذکور۰/۱۴۶ درصد صمغ کنجاک، ۰/۰۵۳ درصد صمغ دانه مرو، ۲/۴۲ درصد چربی و ۱۲۳۰۰ دور در دقیقه سرعت همگن‌سازی به‌دست آمد. چنین فرآیندی دارای pH معادل ۴/۵، سختی ۳/۲۸ نیوتن، پیوستگی ۰/۲۵۸، حالت فنری ۵/۷۸ میلی‌متر، حالت صمغی ۰/۸۴۸ نیوتن، نیروی چسبندگی۰/۸۱۵ نیوتن و شاخص L^* ۸۵/۱۸ خواهد بود (شکل۷).



شکل ۷- شماتیک مقادیر بهینه عوامل، پاسخ‌ها و سطوح

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های رئولوژیکی محصولاتی مانند ماست نقش مهمی در عمل‌آوری و بازارپسندی محصول دارد. در ماست این ویژگی‌ها عمدتاً تحت تأثیر فرایند تولید، میزان چربی و نوع صمغ به‌کار رفته در آنها قرار می‌گیرد. تعیین ترکیب بهینه ازصمغ، چربی و سرعت همگن‌سازی در جهت بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی به‌ویژه در راستای کاهش چربی درفرمولاسیون از لحاظ اقتصادی و تغذیه‌ای بسیار حائز اهمیت است. لذا در این پژوهش اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک، صمغ دانه مرو، میزان چربی و فشار همگن‌سازی بر pH، بافت و رنگ ماست کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت و این شرایط بهینه گردید به‌طوری‌که چربی و نیروی چسبندگی حداقل و سختی و پیوستگی حداکثر در نظر گرفته شدند. با توجه به صفات مذکور، میزان صمغ کنجاک ۰/۱۴۶ درصد، میزان صمغ دانه مرو ۰/۰۵۳ درصد، چربی ۲/۴۲ درصد، سرعت همگن‌سازی ۱۲۳۰۰ دور در دقیقه حاصل گردید همچنین به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که صمغ‌های کنجاک و دانه مرو علاوه بر دارا بودن اثر سینرژیستی بر روی برخی ویژگی‌های ماست کم‌چرب، به‌عنوان هیدروکلوئیدهایی که خود دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی هستند، می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب چربی در ماست کم‌چرب مورد استفاده قرار گیرد و خواص رئولوژیکی مطلوبی را در آن ایجاد کنند.

منابع

Aguirre-Mandujano, E., Lobato-Calleros, C., Beristain, C. I., Garcia, H.S., & VernonCarter, E.J. 2009. Microstructure and viscoelastic properties of low-fat yoghurt structured by monoglyceride gels. *Food Science and Technology*, 42, 938-944.

Asaadi Yasaghi N. & Arianfar A. 2019. the effect of alyssum homolocarpum seed gum on physicochemical, rheological and sensory properties of low-fat yoghurt.*Food Science and Technology*, 15 (11), 189 – 201.

Aziznia, S., Khosrowshahi A., Madadlou A.,& Rahimi J. 2008. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *Journal of Dairy Science*, 91:2545-2552.

Behnia, A, Karaghian,H , Niazmand,R., & Mohammadi Nafchi, A.R. 2013. The effect of using sunflower gum on the physicochemical properties of low-fat yogurt. *The 21st National Congress of Food Science and Technology*.

Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology,* 32 ,62–66, 72.

Chua, M., Chan, K., Hocking, T.J., Williams, P. A., Perry, C. J., & Baldwin, T.C .2012. Methodologies for the extraction and analysis of konjacglucomannan from corms of Amorphophalluskonjac K. Koch. *Carbohydrate Polymers* 87(3) 2202–2210.

Dal Belloa, L.H.A., & Vieirab, A.F.C. 2011. Optimization of a product performance using mixture experiments including process variables, *Journal of Applied Statistics*, 38(8), 1701–1715.

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering* 96: 295–303.

Dolz, M., Hernandez Delegido, J., Alfaro, M.C., & Munoz, J. 2007. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behavior of food emulsions containing modified starch. *Journal of Food Engineering* 81: 179–186.

Fiszman, S. M., Lluch, M. A., & Salvador, A. 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties of yoghurt. 21st National Congress of Food Science and Technology

Guggisberg, D., Cuthbert-steven, J., Piccinali, P., Butikofor, U., & Eeberhand, P. 2009. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk Set yoghurt as influenced by inulin addition. *Internation Dairy Journal* , 19:107115

Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B., & Hayaloglu, A.A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set type low, fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (3): 180- 184.

Isleten, M., & Karagul-Yuceer, Y. 2006. Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. Journal of Dairy Science, 89,2865-2872.

Kashaninejad, M, Najaf Najafi, M, Ghods Rohani, M.,& Kashaninejad, M. 2019. Optimization of labane (concentrated yogurt) formulation produced by wheyless process using mixture-process variable experiments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43: e14193.

Kashaninejad, M. & Razavi ,S. M. A. 1398. The effect of carboxymethyl cellulose, sage seed gum and fat on low-fat cream of camel milk. Journal of Innovation in Food Science and Technology (Accepted).

Kayacier, A., & Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering* 72: 261–265

Mahdian, E., Mazaheri, M., & Karazhyan, R. 1391. Effect of fat content of milk on the growth and metabolic activity of starter cultures and quality of concentrated yoghurt, IJFST 3,1.

Mandala, I., Kapetanakou, A., & Kostaropoulos, A. 2008. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. II. Effect of freezing. *Food Hydrocolloids* 22: 1443– 1451.

Merrill, R.K., Oberg, C., & McMahon, D. 1994. A method for manufacturing reduced fat Mozzarella cheese. Journal of *Dairy Science*, 77: 1783–1789.

Mohammadi, S.A., Ghods Rouhani, M., Najaf Najafi, M. & Kashaninejad, M. 1398. The effect of konjac gum, homogenization pressure and fat content on rheological and sensory properties of low-fat cream. *Food Science and Technology of Iran*; 16 (87): 239-251.

Mortazavian, A.M., Ehrani, M.R., Mousavi, S.M., Reinheimer, J.A., Emamjomeh, Z., Sohrabvandi, S., & Rezaei, K. 2006. Preliminary investigation of the combined effect of heat treatment and incubation temperature on the viability of the probiotic microorganisms in freshly made yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 59:8-11.

Motamedzadegan, A., Shahidi, A., Hosseini Parvar, H., & Abdali, S. 1392. Investigating the Effect of Gelatin Type on Functional Properties of Non-Fatty Shaped Yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 47, 221-230

Nouri, M., Ezzatpanah, H., & Abbasi, S. 2011. Application of renneted skim milk as a fat mimetics in nonfat yoghurt. *Food and Nutrition Sciences*, 2, 541-548.

Park, Y. W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68(8), 73–78.

Perry, D.M., McMahon, D., & Oberg, C. 1997. Effect of exopolysaccharideproducing cultures on moisture retention in low fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 80: 799–805.

Prentice, J.H. 1992. Dairy Rheology, VCH Publishers, Inc.cambridge, England.

Purwandari, U., Shah, N.P., & Vasiljevic, T. 2007. Effects of exopolysaccharide producing strains of Streptococcus thermophilus on technological and rheological properties of set-type yoghurt. *International Dairy Journal* 17: 1344-1352.

Ramona,M., Noghanie,F. & Khosro Darani, K.1393. Investigation of the Effect of Pressure and Homogenization Stages on Some physicochemical properties of Low fat Probiotic yogurt, *Journal of Modern Food Technologies* 2 (1), 39-48.

Razavi, S.M.A., HasanAbadi, M., Ghadiri, G.R., & Salehi, E. A. 2013. Rheological interaction of sage seed gum with xanthan in dilute solution. *International Food Research Journal* 20(6): 3111–3116.

Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J., & Kindstedt, P.S.1998. Effect the modification of fat Particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 81: 2065-2076.

Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., & Vernon-Carter, E.J. 2003. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14, 151–159.

Sekhavati Zadeh, S & Sadeghzadeh, F. 1391. The effect of guar gum as a fat replacement on some chemical and sensory properties of low-fat yogurt. *Innovation in Food Science and Technology*. 5 (2): 29-38.

Tamime, A.Y., & Robinson, R.K. 1999. Yogurt science and Technology Woodhead Publishing Ltd and CRC Press Uc.

Udabage, P., Augustin M. A., Versteeg,C ., Puvanenthiran, A., Yoo, J.L ., Allen, N., McKinnon, L., Smiddy, M. & Kelly, A.L. 2010.Properties of low-fat stirred yoghurts made from high-pressure-processed skim milk.Innovative *Food Science & Emerging Technologies*.11(1), 32 – 38.

Walkenström, P., Kidman, S., Hermansson, A., Rasmussen, P.B., & Hoegh, L. 2003. Microstructure and rheological behaviour of xanthan/pectin mixed gels. *Food Hydrocolloids*, 17, 593–603.

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & van Boekel, M. A. J. S. 1999. Dairy Technology—Principles of Milk Properties and Processes, Marcel Dekker, New York

Yade Mellat, M. 1395. Effects of application of some local gums on physico chemical, textural and sensory properties of stirred yogurt. Master of Science thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan College of Agriculture Department of Food Science and Technology.

Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z., & Xue, C. 2015. Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120℃) treatment, *Food Hydrocolloids*, 43, 125-131.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 1, Apr. May. 2021, p. 55- 67

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۰ ص.۶۷-۵۵

The effect of konjac gum, sage seed gum, homogenization rate and fat content on pH, texture, and color of low fat stirred yogurt

M. Najaf Najafi *[1], H. R. Shateri [2], M. Kashaninejad[3]

Received: 2019.08.31
Accepted: 2020.01.26

Introduction: It can be seen that in most studies published on low fat yogurt, the effects of fat substitutes or process changes, including the homogenization process, have been considered separately. However, process changes, especially changes in homogenization pressure, in addition to the effect on yogurt, has also an effective role on fat substitutes such as hydrocolloids and can affect their functional characteristics. Therefore, in order to understand the proper conditions of industrial production, it is necessary to study these changes simultaneously. Due to the importance of low fat yogurt production, the effect of konjac gum, sage seed gum, homogenization rate and fat content on pH, texture, and color of low-fat yogurt was investigated using mixture-process variable experiments and modeling the properties obtained from this experimental method.

Materials and methods: To prepare low-fat yogurt, firstly, the cream of 40% fat was added to the milk with 0.05% fat, sage seed gum, and konjac gum were added according to the design treatments and calculated by Pearson square method. The preparation was then heated to 90 °C and cooled down to 45 °C. The starter was then added and incubated in oven until reaching pH = 4.6. The yogurt was cooled down and dispersed in a 100 g cups of polyethylene. Texture analyzer was used for combination of back extrusion and texture profile analysis (TPA) test. The evaluated parameters were: hardness (N), cohesiveness, springiness, gumminess (N), chewiness (N), adhesiveness and adhesiveness force. pH was measured according to AOAC official method NO. 981.12.

Results and discussions: The results showed that only the effect of fat content on the 99% level was significant on the pH of the samples, while konjac, sage seed gum, and homogenization rate had no significant effect. By increasing the fat content, the pH of the samples also significantly increased. It is likely that the increase in fat content will reduce the metabolic activity of the starter bacteria and thus increase the pH of the samples. Also, when the fat content of the samples was kept constant (1.75%), increasing the konjac gum and reducing the sage seed gum when the homogeneity of the samples was between 0 and 1200 rpm, the hardness of the samples initially increased and then decreased. When both gums were added at the same level, the hardness decreased indicating the high synergistic effect of these gums at low homogeneity rates. The results of this study showed that only linear effect of fat in 99% level on the adhesiveness force of samples was significant so that by increasing the fat content, the adhesiveness force of the samples increased. Also, the results showed that with increasing the konjac gum and reducing the sage seed gum, the gumminess of the samples first increased and then decreased. The most gumminess sample was in the conditions that both gums were used at the same level, indicating the high synergistic effect of these gums on the gumminess of the samples. The results of color measurement showed that only the linear effect of sage seed gum and the interaction effects of konjac gum-sage seed gum, konjac-gum on homogenization rates of L* samples were significant, and with increasing the level of konjac gum and reducing sage seed gum, L* samples decreased, but with increasing homogenization rates, L* samples increased. In this research, minimization of the fat content and adhesiveness force and maximization of the hardness and cohesiveness was considered as optimization aims. The optimum point calculated as 0.146% konjac gum, 0.053% sage seed gum, 2.42% fat content and 12300 rpm homogenization rate. In this conditio, the responses were: pH=4.5, hardness=3.25 N, adhesiveness force=0.815 N, cohesiveness 0.258 mm and L* 85/18. As a conclusion of this investigation, it could be said that these types of models could be utilized in industries to optimizing the formulation of such product, reducing the cost and increasing the acceptance.

Keywords: Konjac gum, Sage seed gum, Homogenization rate, Back extrusion test, Texture profile analysis, Low fat stirred yogurt.

---

1. Associate professor, Food Industries Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. MSc of Novel Dairy Products Manufacture, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
(*Corresponding Author Email: mnajafi.mhd@gmail.com)